

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

第2503508号

(45) 発行日 平成 8 年(1996) 6 月 5 日

(24) 登録日 平成 8 年(1996) 4 月 2 日

(51) Int.Cl. <sup>a</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/027			H 0 1 L 21/30	5 1 5 B
21/66		7735-4M	21/66	P
21/68			21/68	F
			21/30	5 0 2 G
				5 3 1 J

発明の数 3 (全 10 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願昭62-116174

(22) 出願日 昭和62年(1987) 5 月13日

(65) 公開番号 特開昭63-281425

(43) 公開日 昭和63年(1988) 11 月17日

(73) 特許権者 999999999

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 牧野内 進

東京都品川区西大井1丁目6番3号 日

本光学工業株式会社大井製作所内

(74) 代理人 弁理士 渡辺 隆男

審査官 中西 一友

(54) 【発明の名称】 転写装置及び該転写装置を用いたパターン形成方法

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 所定のパターンを有するマスクを照明し、該マスクに対して所定の位置関係で整列させた感光基板に前記パターンを転写する装置において、前記パターンの感光基板への転写動作中に生じる前記マスクと感光基板との間の相対的な位置ずれ量を検出する位置ずれ検出手段と；該検出された位置ずれ量に基づいて位置ずれの履歴情報を作り出す手段と；前記感光基板の感光特性と前記履歴情報とに基づいて、前記感光基板に転写されたパターンの変形を検出する変形検出手段とを備えたことを特徴とする転写装置。

【請求項2】 前記位置ずれの履歴情報を作り出す手段は、前記マスクと感光基板とが整列すべきアライメント目標位置を基準として相対的な位置ずれ量の度数に応じたヒストグラムを作成する手段を含み、前記変形検出手

2

段は作成されるヒストグラムと前記感光特性上のしきい値とに基づいて前記転写されたパターンのエッジ位置のずれ量を演算することを特徴とする請求項1項に記載の装置。

【請求項3】 前記変形検出手段は前記演算により求められるエッジ位置のずれ量に基づいて、転写されたパターンの線幅の変化と転写中心位置の変化とを別々に算出することを特徴とする請求項2項に記載の装置。

【請求項4】 所定のパターンを有するマスクを照明し、該パターンの像を感光基板上の複数のショット領域の各々にアライメントされた状態で順次露光する転写装置を用いて前記感光基板上にパターンを形成する方法において、前記パターンの像の前記ショット領域への転写動作中に生じる前記マスクと感光基板とのアライメント状態から

の相対的な位置ずれ量を逐次検出し、該位置ずれ量に基づいて位置ずれの履歴情報を生成する段階と；

該履歴情報に基づいて、前記感光基板の感光層内に転写されたパターンの形状変化または位置変化に対応した変化情報を算出する段階と；

該算出された変化情報に基づいて前記感光基板上の各ショット領域に転写されたパターンの像の変化が許容範囲内か否かを判定し、該許容範囲を越えたショット領域が存在するときは、当該ショット領域の前記感光基板上での位置を表す情報を表示する段階とを含むことを特徴とするパターン形成方法。

【請求項5】所定のパターンが形成されたマスクを保持するホルダーと、前記パターンの像で露光される感光基板を保持して2次元的に移動するステージとを備え、前記感光基板上の複数のショット領域の各々に前記パターンの像をアライメントして順次転写する転写装置を用いて前記感光基板上にパターンを形成する方法において、前記パターンの像の前記ショット領域への転写期間中に検出される前記パターンの像と前記ショット領域とのアライメント状態からの相対的な位置ずれ量に基づいて位置ずれの履歴情報を逐次生成し、該履歴情報に基づいて前記感光基板の感光層内に転写されるパターンの像の変形量を逐次算出する段階と；

前記算出された像の変形量が所定の許容値を越えたか否かを前記転写期間中に逐次判定する段階と；

該判定の結果、前記算出された像の変形量が許容値を越えていないときは前記算出された像の変形量が総合的に補正されるように、前記ホルダーと前記ステージの少なくとも一方の位置を前記転写期間の終了前に微小補正する段階とを含むことを特徴とするパターン形成方法。

【請求項6】前記微小補正する段階は、前記転写期間中に1度だけ行うことを特徴とする請求項第5項に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【産業上の利用分野】

本発明は、感光性基板上にマスクのパターンを露光する装置に関し、特に半導体素子製造等に用いられる微細パターンの転写、露光装置（光露光方式、X線露光方式、あるいは電子線露光方式）に関する。

【従来の技術】

近年、半導体素子（超LSI等）の製造においては、フォトリソグラフィ工程で扱うパターンの最小線幅が徐々に細くなり、縮小投影型露光装置（所謂ステッパー）で解像できる線幅や1μm以下のサブミクロンの領域に達している。さらにエキシマレーザ光を露光用の照明光とするエキシマステッパーにおいては、0.6μm程度の線幅を解像することが可能となる。また波長十数オングストローム程度の軟X線を用いた露光装置も高解像力を容易に得る方式として注目されている。このように回路パターンを構成する線幅が細くなると、当然原版となるマス

ク（又はレチクル）と感光基板（レジストを塗布した半導体ウェハ等）との位置合わせ精度が問題となる。この位置合わせ、すなわちアライメントの技術は、光電的なセンシングな記述とともに年々向上しており、現在十分とは言わないまでも実用上支障のない程度の精度は得られている。このアライメント動作の後、マスク（レチクル）と感光基板とは相対的な移動が生じないようにされて、マスク（レチクル）のパターンの露光が行なわれる。この露光動作に要する時間は、光ステッパーの場合、0.2秒〜1秒程度、X線ステッパーの場合10〜30秒程度となっている。従ってその露光時間中にマスクと感光基板との相対位置が何らかの原因、例えば外部からの振動、空気のゆらぎ等によって変化してしまうと、正しい解像力が得られず、レジスト中に転写されたパターンの変形（線幅の太り）や位置ずれが生じることになる。

そこで露光動作中に生じるアライメント完了位置からの相対的な位置ずれを検出し、そのずれ量が許容範囲を越えたら警告を発生するといった方法が考えられ、例えば特開昭61-53724号公報に開示されている。

【発明が解決しようとする問題点】

上記従来の技術においては、単にマスク（レチクル）と感光基板との相対的な位置ずれの程度のみを検出するため、露光中における相対位置ずれと感光基板を現像した後に確認できるパターンの位置ずれとが必ずしも正確に一致しない、といった問題点があった。これは相対位置ずれがたとえ許容範囲以上になったとしても、それが全露光時間中で瞬間的にしか起らなかった場合、又は許容範囲内におさまってはいるものの全露光時間に渡って相対位置ずれが進行していった場合等が生じるからである。このため上記従来技術では、不必要なときに警告を出してしまったり、逆にパターンの位置ずれが大きくなるときに警告が出ない等の不都合が生じることになった。

【問題点を解決する為の手段】

本発明は上記問題点を解決するために、マスク（又はレチクル）のパターンの感光基板への露光動作中に、マスクと感光基板との間で生じる相対的な位置ずれ量を検出する位置ずれ検出手段（干渉計7）と、位置ずれの履歴情報を作り出す手段（アップダウンカウンタ30、クロック発生器32、メモリ34等）と、感光基板（特にレジスト）の感光特性（例えばレジスト層が現像後に完全に除去される露光量のしきい値）と履歴情報とに基づいて、感光基板に露光されたパターンの変形を演算によって検出（又は予測）する変形検出手段とを設けるようにした。

【作 用】

本発明では、露光動作中に生じるマスクと感光基板との相対的な位置ずれに応じて、露光動作中における転写パターンエッジ部の光量分布の変化を考えるようにし、その光量分布の変化とレジストの特性とに基づいて、レ

ジスト上に解像されるパターンの線幅のずれ量や、パターンの中心位置のずれ量等を予測するものである。このため、レジスト上に転写されたパターンの変形が従来の方法よりも格段に正確に求められる。

#### 〔実施例〕

第1図は本発明の実施例による露光装置の全体構成を示す図であり、レチクルのパターンをステップアンドリビート方式でウェハ上に露光するウェハステッパーに適用した場合の構成を示す。不図示の露光用光源からの照明光は、開閉可能なシャッター2を介してコンデンサレンズ（照明光学系の一部）1に入射し、ここで均一な照明光にされてレチクルRを一樣に照明する。レチクルRはレチクルホルダー3に保持される。レチクルRに形成された回路パターン等の像は投影レンズ4によりウェハW上に結像投影される。ウェハWの表面にはレジスト層が所定の厚さで塗布されている。ウェハWは2次元移動可能なステージ5上に載置、保持され、モータ6によって移動制御される。ステージ5の2次元的な位置はレーザ光波干渉式測長器（以下干渉計とする）7によって、例えば0.02 $\mu$ mの分解能で逐次検出される。モータ6、干渉計7とも第1図では一対しか示していないが、実際にはx方向用とy方向用との夫々に対して一対が設けられ、ステージ5の2次元移動の制御とステージ5（すなわちウェハW）の座標位置の計測が行なわれる。アライメント光学系8はレチクルRとウェハW上の露光すべき1つのショット領域との相対的な位置合わせ、すなわちアライメントに際して、アライメントマークの検出を行なうものである。このアライメント光学系8の方式、構成は本実施例では特に限定したものである必要はなく、ウェハステッパーに設けられたものであれば、どのようなものでもまったく支障はない。主制御系10は本実施例の装置を統括制御するものであり、干渉計7からの座標計測値の入力、モータ6へ駆動指令の出力等を行なう。さらに主制御系10はシャッター2を開閉制御する制御部12との間で所定の指令、情報のやり取りを行なうとともに、パターン変形検出部14から露光動作中におけるレジスト上でのパターン転写装置のずれ、線幅のずれ等に関する情報を入力する。位置ずれ履歴検出部16は干渉計7からの位置情報とシャッター制御部12からの露光状態信号とを入力して、露光時間内における位置ずれの履歴情報、具体的には位置ずれのヒストグラムを作成する。

パターン変形検出部14はこの履歴情報と、予めわかっているレジストの感光特性とに基づいて、上記線幅のずれやパターン転写位置（線幅中心位置）のずれ等を演算し、その結果を主制御系10へ出力する。主制御系10はその結果に基づいて、その露光が十分な解像で行なわれたか否かを判定し、不十分であった場合は警告、表示等が発生する。

第2図は位置ずれ履歴検出部16の一部の具体的な構成

を示す回路ブロック図である。アップダウンカウンタ回路（UDC）30には干渉系7からのアップ（UP）、ダウン（DOWN）パルスが入力する。干渉計7は例えばステージ5が0.02 $\mu$ m移動するたびに上記アップダウンパルスを発生する。このUDC30はシャッター制御部12からの露光状態を表わすステータス信号STSの入力に基づいて、アップダウンパルスの計数を開始する。アンドゲート回路31は、1つのショット領域に対する露光時間よりも十分短い間隔でクロックパルスを発生するクロック発生器32からのパルス信号と、ステータス信号STSとを入力し、露光期間中だけクロックパルスを出力する。アドレスカウンタ（CNT）33はそのクロックパルスの入力に基づいて、クロックパルスを順次計数し、メモリ（RAM）34に対するアクセス番地（アドレス値）を順次更新していく。RAM34は指定された番地にUDC30からの計数値を順次格納していく。すなわちRAM34には露光動作中における相対位置ずれ量の履歴が記憶される。

第3図は露光動作中における相対的な位置ずれの様子すなわち履歴情報を示すグラフであり、横軸は時間を表わし、縦軸は位置ずれ量（例えば干渉計7からのアップダウンパルスのパルス数）を表わす。時刻tsから時刻teまでが露光時間であり、クロック発生器32からのクロックパルスは図中の黒丸の時刻で発生するものとする。

またUDC30、CNT33の計数値は時刻ts以前はともに零（又はそれ以外の所定値）にセットされているものとする。また第3図において、時刻ts以前はアライメント動作によってレチクルRとウェハWとは所定の誤差範囲内に整合され、ほぼ静止状態にされているものとする。

また第2図には示していないが、RAM34に記憶された履歴情報は、検出部16内に設けられた演算処理回路によって第4図のようなヒストグラムに変換される。第4図において横軸はx方向の位置ずれ量（パルス数） $\Delta x$ を表わし、縦軸は各ずれ量の度数を表わす。通常干渉計7の出力はデジタル値（パルス列）であるので、この様なヒストグラム表現が現実的なのであるが、以後しばらくの間、説明を簡単にするために第5図の連続曲線をこれに代えて考えることにする。第5図の曲線は位置ずれ関係とも呼ばれ、ステップアンドリビート方式の場合、各ショット毎に曲線の形が一定になるとは限らない。さて、いまレチクルRに形成されたパターンが第6図の様に、透明部PR中に形成された一本の線状の遮光部CPであるとしよう。このパターンの露光中に、第5図に示したような位置ずれが起こると、レジスト上で得られる演算光量分布は、本来のパターンによる明暗情報を位置ずれ関係でたたみ込みをすれば容易に求められる。実際、レチクルR上のパターンは非常に簡単なパターン（単なる明暗）であるので第7図に示す様な形になることがすぐわかる。第7図（a）は正しい位置にレチクルR、ウェハWが静止していて、相対的な位置誤差が生じないときの光量分布である。これに第7図（b）に示したような

位置ずれ（第5図と同一）が発生すると、第7図（c）に示すような光量分布が得られる。この第7図（c）において、右側のエッジに関しては第7図（b）の波形を位置で積分した波形、左側のエッジに関しては、これを上下逆にした波形となっている。この第7図（c）のような波形の光量分布がレジスト上で実際に生じる遮光部CPの投影像になる。

一方、レジストの光量対現像後の残り量の特性（レジストの感光特性）を考えてみる。これは一般には第8図（a）の如く示されるが、ここでは第8図（b）の様に簡単に用いる。第8図において横軸は積算光量（ドーズ量）を表わし、縦軸はレジストの残り量（層の厚み）を表わす。この感光特性において第8図（b）中の光量Pは完全にレジストが除去される境界値を表わす。この特性を第7図（c）で得られた光量分布に合わせると、実際のパターンがレジスト上のどこに得られるかわかる。第9図は、その求め方を表わした図であり、第9図（a）は正しい位置で露光したと仮定したときのパターン（エッジ $E_L$ 、 $E_R$ を有する遮光部CP）を表わし、第9図（b）は位置ずれがあったときの光量分布（第7図（c）と同一）を表わし、第9図（c）は（b）をレジストの光量しきい値Pで2値化して得た予想パターンを表わす。第9図（d）は位置ずれ曲線の零点を第9図（a）中の左右エッジ $E_L$ 、 $E_R$ に対応させて描いたものである。この第9図において（c）の右側エッジ $E_R'$ の位置は、第9図（d）の位置ずれ曲線を左から積分（斜線部分）して、その値が光量しきい値Pと一致した点であり、左側エッジ $E_L'$ は第9図（d）の位置ずれ曲線を右から積分してその値がしきい値Pと一致した点である。

さて、いま評価したい値は第9図（a）に示したパターン波形に対する第9図（c）のパターン波形のずれであり、これは線幅のずれと中心のずれに分けて考えるのが一般的である。第9図（c）に示した右エッジ $E_R'$ のずれを $r$ 、左エッジ $E_L'$ のずれを $l$ （ $r$ と反対方向にずれているので図では $-l$ ）とすると、

線幅ずれ（線幅の太り）は $1/2(r-l)$ 、

中心ずれは $1/2(r+l)$ となる。

$r$ と $l$ は前述の様に位置ずれ曲線を左右から所定値に達するまで積分していくことにより求まる。これは第4図のヒストグラムに戻って考えると、単に右（正方向）から度数を数えていく、又は左（負方向）から度数を数えていくことに過ぎず、この処理はパターン変形検出部14によって簡単に実現できる。もちろん、積分の方向を反対にして、

（全露光量-P）

と一致する点を探しても結果は同じである。ここで全露光量とは、予めウェハに与える露光時間、照度等がわかっている場合を意味する。ここではレチクルR上のパターンを第8図の様に遮光部CPによる“線”と仮定したが、これが明暗反転した“スリット”である場合は線幅

ずれの結果の符号が反転するのみで、求め方は全く同じでよい。また仮定したレチクルR上のパターンの幅のちがいにしても上記の値は影響をうけないので、あらゆるパターンの露光の評価に、この結果を用いることができる。

そこで本実施例の動作をまとめると以下の通りである。ステップアンドリビート方式でウェハWを露光していく際、ウェハW上の1つのショット領域に対してレチクルRとの相対位置決めが完了した時点でシャッター2が開かれる。これに回答して位置ずれ履歴検出部16のRAM4には相対位置ずれの履歴情報が順次記憶されている。そしてシャッター2が閉じて露光動作が完了すると、パターン変形検出部14は線幅ずれと中心ずれとの2つの量を演算する。これと並行してステージ5は、次のショット領域に対する露光のための移動を開始する。

先の式によって線幅ずれと中心ずれとが求まると、それらは主制御系10に送られる。主制御系10はそれらずれ量をウェハW上のショット領域のマップに対応して記憶するとともに、必要に応じてリアルタイムに警告や表示を行なう。あるいは1枚のウェハWに対する露光が終了した時点でウェハ上のショットのマップとともにブラウン管に表示を行なう。

以上のように、パターン変形検出部14は第5図〔又は第7図（b）、第9図（d）〕のように得られた位置ずれ曲線を左右から積分（積算）していった、その積分値がレジストの感光特性に基づく光量しきい値Pと一致する点の零点からのずれ量（ $r$ 、 $l$ ）を求めるといった極めて簡単な演算を行なうだけでよい。また本実施例の場合、位置ずれ情報は第4図のように離散的なヒストグラムとして扱われるため、線幅ずれ、中心ずれの量の予測値は干渉系7からのアップダウンパルスの計測分解能（例えば $0.02\mu m$ ）で得ることができる。尚、本実施例の第5図、第7図（b）、第9図（b）に示した位置ずれ曲線中の零点は、レチクルRのパターンが露光されるウェハW上のショット領域の設計上の位置、すなわちショットアドレス位置に対応している。またx方向とy方向との両方に対して同様にパターンの変形検出を行なうことは言うまでもない。

次に本発明の第2の実施例について説明する。先の第1実施例ではウェハ上の1つのショット領域に対する露光の際、線幅ずれ量や中心ずれ量が予め定められた値以上になったときには警告や表示を行なうのみにとどめたが、第2実施例ではより積極的に中心ずれを補正するようにした。従って本実施例ではウェハに新たに転写されるパターンと、ウェハ上にすでに形成されたパターンとの重ね合わせ精度を微妙にコントロールすることが可能となる。

このため本実施例においては、露光動作中、逐次的にパターンの中心ずれ、線幅ずれを高速演算するハードウェア、又はソフトウェアが必要となる。ここでは代表し

てソフトウェア的な処理の手順を第10図のフローチャート図に基づいて説明する。尚、本実施例において中心ずれの補正はステージ5を微量だけ移動させて行なうが、その補正はある制限のもとで行なわれる。ある制限とは線幅ずれと中心ずれとを独立には補正できないということである。すなわち中心ずれを補正するためには、必ず線幅ずれの量を悪化（増大）させなければならないということである。従って中心ずれの補正は、線幅ずれ量の許容値に余裕があるときに、その範囲内に制限して可能となる。

さて、第10図のフローチャートは1ショットの露光動作中におけるクロックパルスの発生間隔（例えば2mSec）毎に逐次実行されるものである。第10図において、クロックパルスが発生すると、干渉計7からの座標計測値を読み取り、ステージ5の目標静止位置（ショット位置）との差 $\Delta x$ をメモリに記憶する（ステップ100）。この際、（差 $\Delta x$ から直接）ヒストグラムを作成するために、メモリの所定の番地を目標静止位置に対応させ、そこから番地が増える方向を正の位置ずれ量（ $+\Delta x$ ）とし、番地が減る方向を負の位置ずれ量（ $-\Delta x$ ）とし、各番地（アドレス値）の増減を干渉計7からのアップダウンパルスの数に対応させておく。そして読み取った差 $\Delta x$ に対応した番地の内容を1（もしくは一定値）だけ増加させるようにする。これにより、メモリのある番地領域内にはヒストグラムが作成されていく。本実施例の場合、この作成されていくヒストグラムが本発明の履歴情報に相当している。次にメモリ上に作成中のヒストグラムを第9図（d）に示したように左右からそれぞれ積算（面積計算）する（ステップ102）。そしてその積算値Kが光量しきい値Pよりも大きくなったか否かを判断し（ステップ104）、 $K > P$ ならば次のクロックパルスの発生まで待機するために本フローチャートのプログラムからメインプログラムにリターンする。ステップ104で $K \leq P$ と判断されると、中心ずれ量 $\Delta XP$ と線幅ずれ量 $\Delta DP$ とを先の実施例と同様に算出する。

すなわち、

$$\Delta XP = 1/2 (r + 1),$$

$$\Delta DP = 1/2 (r - 1) \text{ である。}$$

次に算出された線幅ずれ量 $\Delta DP$ が予め定められている許容値TDよりも小さいか否かが判断され（ステップ108）、 $\Delta DP < TD$ であれば、中心ずれの補正のためにステージ5を対応する量だけx方向、又はy方向に微動させ（ステップ110）、メインプログラムにリターンする。またステップ108で $\Delta DP \geq TD$ と判断されると、線幅ずれ量は許容値に達してしまっているため、中心ずれの補正を行なうことはもはや意味がなく、この時点で警告や表示を行なう（ステップ112）。

すなわち露光動作中にステップ112が実行されることによって、露光中の位置ずれがリアルタイムに検出でき、その時点で露光を中止してしまうこともできる。ま

た第10図中のステップ110は1ショットの露光動作中で $\Delta DP < TD$ であれば常に実行されるように表わしたが、はじめてステップ110が実行されたときに1度だけ補正するようにしてもよい。またステップ110の補正はレチクルRを微動させても同様の効果が得られる。また、中心ずれについては、ステップ108で判定した時点での線幅ずれの余裕量から最大補正できる量が決まるので、その補正を行なっても許容値TDを越えて中心ずれが発生してしまうことがわかればステップ112を実行して警告を出すようにしてもよい。さらに第10図に示すように露光中に逐次的にエッジ位置のずれを計算する場合は、ステップ102で求めるヒストグラムの積算値Kが（全光量－P）と一致する点を、クロックパルスによる各サンプリング毎に求めればよい。この場合、全光量とは例えばある露光照度のもとで露光時間が予め定められていることを意味する。今仮りに全光量（設定値）が0.5秒、光量しきい値Pがその照度のもとで0.3秒、そしてクロックパルスのサンプリング周期を2mSecとすると、全光量に対応するサンプリング数（露光完了後のヒストグラムの積算値と同一）は250であり、しきい値Pに対応するサンプリング数は150であるから、（全光量－P）に対応する値は100である。従ってステップ102で作成中のヒストグラムを左右から積算したとき、その積算値Kが100と一致したとき、ステップ106以降を実行するようにする。ただし、この場合は想定するエッジの位置ずれの方向と積算方向との対応が逆になる点異なる。

次に本発明の他の実施例について説明するが、以下の各実施例は先の実施例で説明した中心ずれや線幅ずれの検出方法をそのまま応用したものである。第3の実施例では、第10図中のステップ106で説明したのと同様に、中心ずれや線幅ずれを、一枚のウェハをステップアンドリピート方式で露光する間の各ショット毎に求める。そして1枚のウェハへの露光を終了するまでに、各ショット毎に中心ずれ量、又は線幅ずれ量が許容値を越えるか否かを計数していき、許容値を越えるショット数が予め定められた数を越える場合は警告や表示を発生するようにする。警告、表示の発生は1枚のウェハの露光動作中、又は完了後に行なわれる。この第3実施例においては、露光すべき複数のウェハの夫々に対して警告が出されると、何らかの不安定要因又は外乱（床振動等）によってステージの静定状態が悪化していることがわかる。また複数枚のウェハのうち、わずかな枚数に対して警告が出されれば、そのウェハだけは次工程に送らないようにすることができる。

第4の実施例では、中心ずれ又は線幅ずれをウェハ上のショット位置に対応させてステップアンドリピート式の露光動作中に順次記憶しておく。そして同一ロット内の複数のウェハを露光していくとき、各ウェハについて同様の記憶を行ない、少なくとも2枚目以降のウェハを露光していくとき、ウェハ上の特定のショット位置にお

いて中心ずれや線幅ずれが多発するときには警告表示を発生するようにする。この警告、表示の発生タイミングは2枚目以降のウェハについての露光動作中でもよいし、1ロットのウェハの露光動作が終了した後でもよい。

この第4実施例によれば、ロット内のウェハの各々での特定ショット位置で位置ずれが多発していたことがわかるので、後工程の検査時点で重点的に検査すべきショットが予めわかることになる。

第5の実施例では、先の第4実施例と同様にウェハ上の各ショット位置毎に線幅ずれ量を順次記憶する。そして複数のウェハ（最低2枚）について露光が完了し、3枚目以降のウェハの露光を行なっていくとき、統計的にみて線幅ずれ量が大きくなるショット位置に対しては、そのショット領域をレチクルに対して位置決めするときのステージの静定時間を長くするように制御する。普通、ステージをステップングさせ、目標静止位置に対して所定の位置決め誤差内でステージが追い込まれたときから、その誤差内におさまっている時間を計時し、所定時間（数百mSec）が経過した後も誤差内におさまっているときには露光を行なうようにしている。そこで、次のショット位置では統計的に位置ずれ（線幅ずれ）が大きいとわかっているとき、ステップング後に計時する所定時間、すなわち静定時間を通常の場合よりも長くするように制御する。従って、この第5実施例によれば、多数枚のウェハを処理していく過程で、位置ずれの大きい特定ショットに対しても位置ずれを小さくすることが可能となる。

以上、本発明の各実施例はいずれもウェハに対する半導体素子パターンの露光時に位置ずれのチェックを行なうようにしたが、必ずしも素子パターンの露光時である必要はなく、例えばステージ単体の位置決め精度、ステップング精度等を調整、検査する段階においても全く同様に応用できる。

以上、本発明の各実施例を説明したが、本発明は光、特に紫外域の光を用いた露光装置以外の装置、例えば軟X線を用いたX線露光装置、電子線を用いた電子線露光装置等に幅広く応用できるものである。また半導体素子製造用のマスク以外に単なる矩形状のパターンを基板上に投影し、基板表面を矩形状に絞られたエネルギービームで加工する装置においても、矩形パターンの投影像と基板との相対位置ずれを加工中に検出できる。

#### 〔発明の効果〕

以上のように本発明によれば、基板上に投射されたパターンの位置ずれ、寸法ずれ等を投射動作中、又は投射後に位置ずれの履歴情報と感応層（レジスト）の特性とを考慮して予想検出するため、レジストの現像、又は別

の測定器を用いた検査を経ることなくパターンの異状を高精度に認定することができる。このため半導体素子の生産現場においては、露光されたウェハ上のショットのなかで解像不良となるショットが次工程にまわす前に発見できるため、生産管理上極めて有用である。

また本発明によるパターン形成方法によれば、感光基板上の感光層内に転写されたパターン像の形状変化（線幅変化や中心位置変化）を、マスクと感光基板とのアライメント状態からの位置ずれ量の履歴情報に基づいて算出しているので、現像後に感光基板上に得られる実際のパターン像の変形量とはほぼ合致した予想が可能となり、真に問題となる位置ずれが生じた露光ショットに対して警告や表示を行うことができる。

さらに本発明によるパターン形成方法によれば、マスクと感光基板とのアライメント状態からの位置ずれの履歴情報を転写期間中に逐次生成するようにし、その履歴情報に基づいて感光基板上に転写されたパターン像の変形（線幅変化や中心位置変化）をリアルタイムに特定し、転写動作中にマスクや感光基板の相対位置を補正するようにしたので、感光層に転写されるパターン像を実質的に変形させるように作用する真の位置ずれに対して補正が働くので、より忠実なパターン形成が可能となる。

#### 〔図面の簡単な説明〕

第1図は本発明の実施例による投影露光装置の構成を示す図、第2図は位置ずれ履歴検出部の一部の構成を示す回路ブロック図、第3図は位置ずれの履歴を表わすグラフ、第4図は位置ずれの履歴に応じて作成されるヒストグラムを表わすグラフ、第5図は第4図のヒストグラムを連続曲線におきかえたグラフ、第6図はレチクル上に設けられたパターンの一例を示す図、第7図（a）、（b）、（c）はレジスト中に形成される転写パターンの位置ずれによる光量分布の変化の様子を示すチャート図、第8図（a）、（b）はレジストの感光特性を模式的に示すグラフ、第9図（a）、（b）、（c）、（d）は位置ずれによって得られるレジスト上の転写パターンの様子を示すチャート図、第10図は本発明の他の実施例による動作を示すフローチャート図である。

各図中において、

R……レチクル

W……ウェハ

5……ステージ

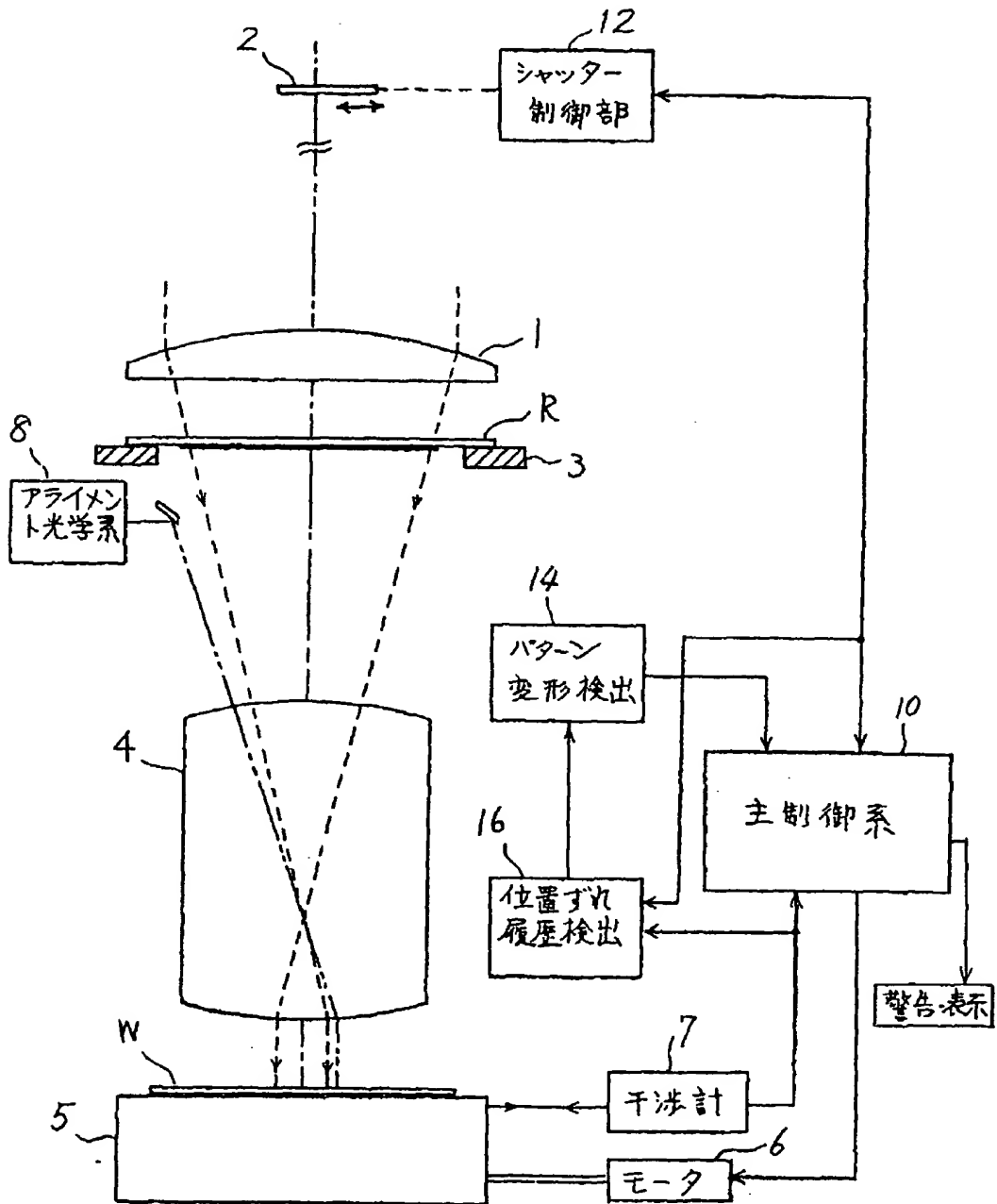
7……干渉計

10……主制御系

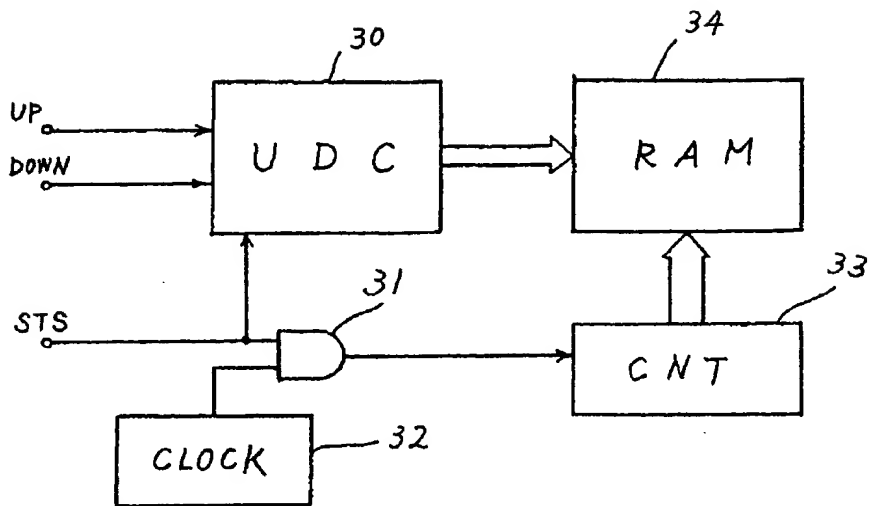
14……パターン変形検出部

16……位置ずれ履歴検出部

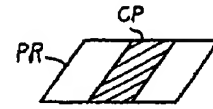
【第1図】



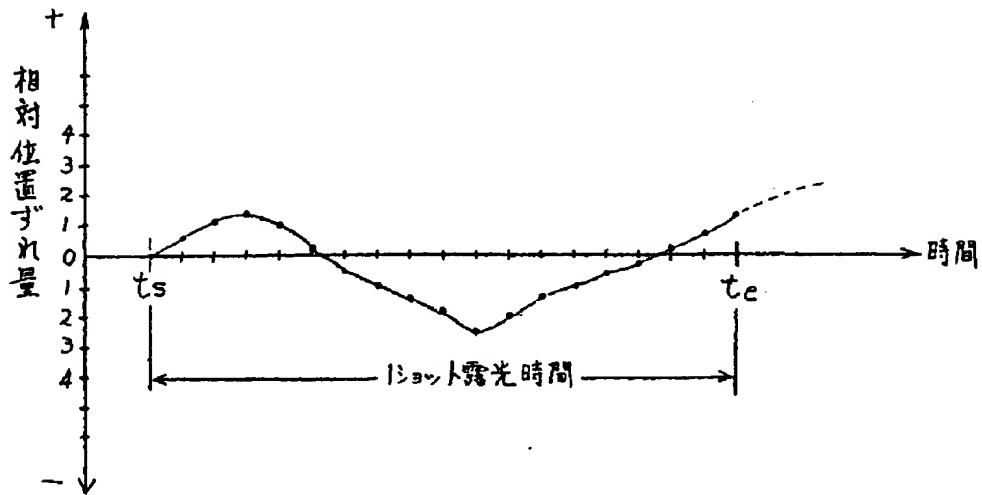
【第2図】



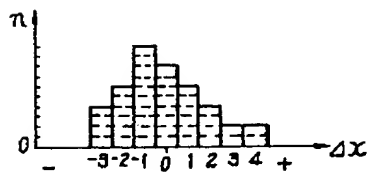
【第6図】



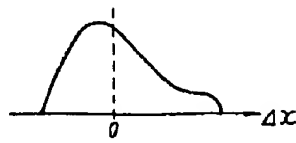
【第3図】



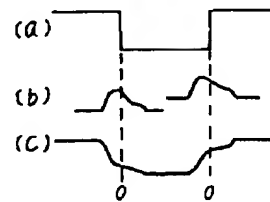
【第4図】



【第5図】

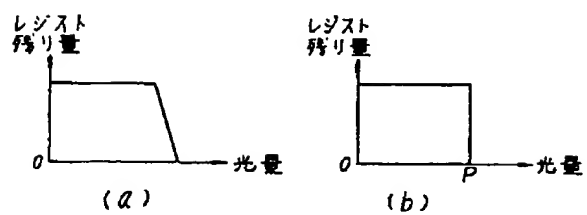


【第7図】

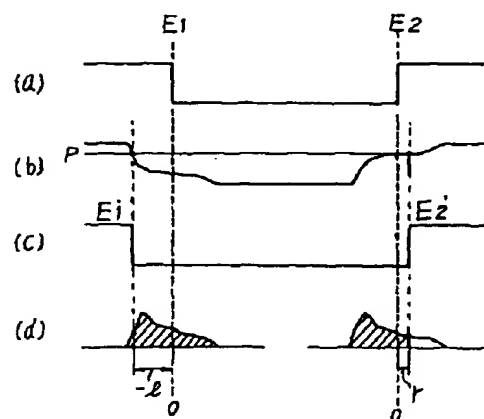




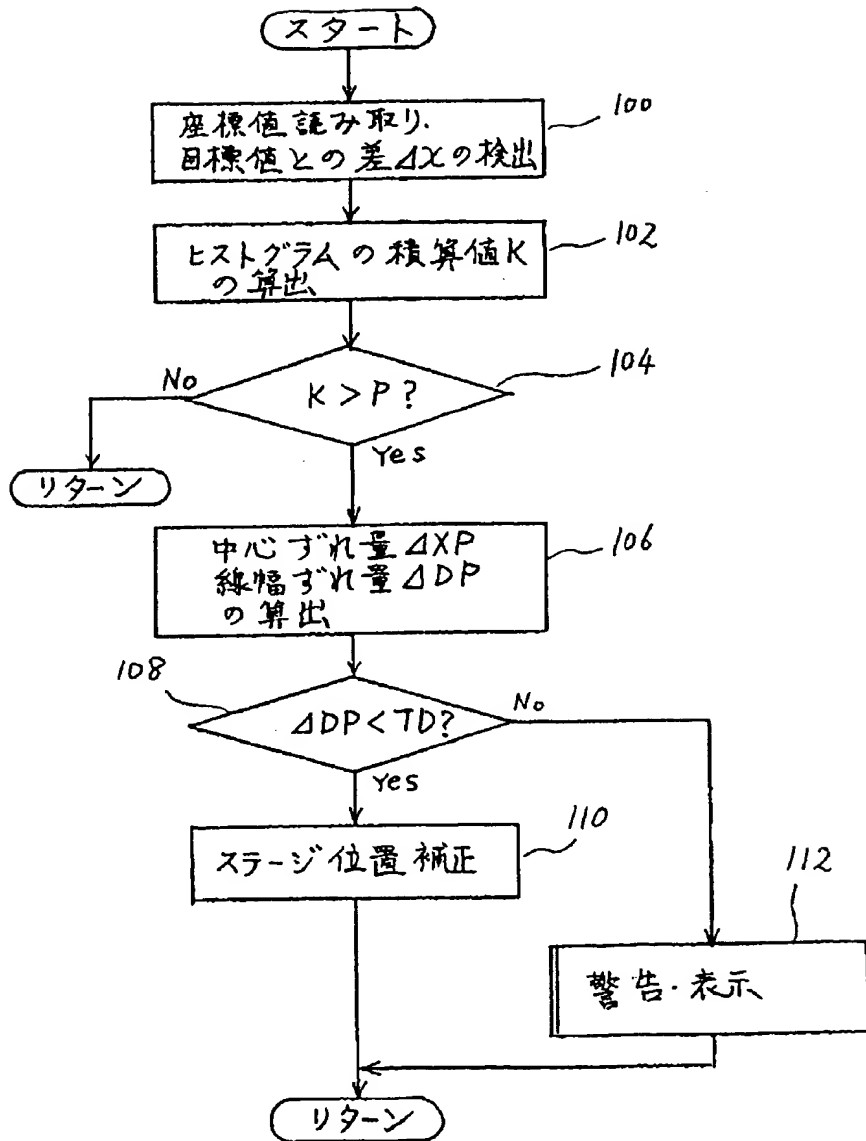
【第8図】



【第9図】



【第10図】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

片内整理番号

F I

H 0 1 L 21/30

技術表示箇所

5 4 1 S